

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.Ю.Ямских _____

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Сравнительный анализ показателей климата (среднегодовые температура и осадки) Красноярской и Минусинской котловин второй половины XX века
тема

05.04.06 Экология и природопользование

код и наименование направления

05.04.06.03 Геоэкология

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель _____
подпись, дата

проф., д.г.н
должность, ученая степень

Г.Ю.Ямских
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

Н.А. Ронжин
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

М.И.Кокова
инициалы, фамилия

Рецензент _____
подпись, дата

доц., к.г.н
должность, ученая степень

С.А.Кырова
инициалы, фамилия

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Глобальные и региональные климатические изменения второй половины XX века.....	7
1.1 Научная проработанность вопроса.....	7
1.2 Особенности климатических изменений на территории Российской Федерации.....	14
2 Методы исследования.....	19
2.1 Ряды климатологических данных.Климатические тренды.....	19
2.2 Методы, используемые для расчетов.....	22
2.2.1 Расчет среднегодовых температур и годовых сумм осадков.....	22
2.2.2 Построение графиков и линий тренда.....	23
2.2.3 Расчет стандартного отклонения.....	24
2.2.4 Прогнозирование в программе "Exele"	24
3 Сравнительный анализ среднегодовых температур и осадков Красноярской и Минусинской котловин второй половины XX века.....	27
3.1 Природные условия Красноярской и Минусинской котловин.....	27
3.1.1 Географическое положение.....	27
3.1.2 Тектоническое и геологическое развитие территории, рельеф.....	28
3.1.3 Климатические и гидрологические условия.....	30
3.1.4 Почвенно-растительный покров и животный мир.....	34
3.1.5 Сравнительная характеристика.....	37
3.2 Метеорологические станции Красноярской и Минусинской котловин.....	37
3.3 Среднегодовые температуры воздуха.....	41
3.3.1 Изменения среднегодовых температур воздуха на территории Красноярской котловины.....	41
3.3.2 Изменения среднегодовых температур воздуха на территории Минусинской котловины.....	44
3.3.3 Сравнительный анализ.....	48
3.4 Годовые суммы осадков.....	50

3.4.1 Изменения годовых сумм осадков на территории Красноярской котловины.....	50
3.4.2 Изменения годовых сумм осадков на территории Минусинской котловины.....	53
3.4.3 Сравнительный анализ.....	56
4 Тенденции изменений климата на территории Красноярской и Минусинской котловин в XXI веке.....	59
4.1 Прогнозируемый ход среднегодовых температур на исследуемых территориях.....	59
4.2 Прогнозируемый ход средних годовых сумм осадков на исследуемых территориях.....	63
Заключение.....	68
Список использованных источников.....	70
Приложение А Среднегодовые температуры воздуха по данным метеостанций Красноярской и Минусинской котловин за период с 1951 по 2017гг.....	78
Приложение В Годовые суммы осадков по данным метеостанций Красноярской и Минусинской котловин за период с 1951 по 2017 гг.....	80

ВВЕДЕНИЕ

Начиная со второй половины XX в. особую обеспокоенность мирового сообщества вызывает проблема глобального изменения климата, которая проявляется, в первую очередь, беспрецедентно высокой скоростью роста средней температуры у поверхности Земли. По данным инструментальных наблюдений, главными особенностями изменения средней глобальной температуры в течение XX в. являются два периода потепления. Первый период наблюдался с 1910 по 1945 гг., а второй начался с 1976 г. и продолжается в настоящее время. Между ними на планете наблюдалось относительное похолодание. Последний период потепления, по мнению многих ученых, является наиболее интенсивным не только за весь период инструментальных метеорологических наблюдений, но и, как минимум, за последнее тысячелетие [44;56].

Обозначенная проблема является одной из наиболее актуальных, поскольку наблюдаемое в настоящее время интенсивное потепление затрагивает многие сферы жизнедеятельности всего человечества. Более того, дальнейший рост средней глобальной температуры по мнению многих ученых, может обернуться катастрофическими для человечества последствиями, влекущими его массовую гибель. Уже сейчас быстрый рост средних глобальных температур во второй половине XX в., а также резко участвовавшие в этот период опасные метеорологические явления (засухи, смерчи, наводнения, сильные снегопады и т.п.) вызвали серьезные экономические, социальные и экологические последствия практически во всех регионах планеты. Более того, беспрецедентная интенсивность роста средних глобальных температур во второй половине XX в. уже спровоцировала активное таяние ледникового покрова в высоких широтах и в дальнейшем может способствовать его полному разрушению с последующим затоплением обширных массивов суши, в том числе густонаселенных. Также во многих регионах планеты наблюдаются существенные изменения в режиме выпадения атмосферных осадков. Кроме того, серьезное беспокойство вызывает беспрецедентная скорость роста концентрации углекислого газа в атмосфере в последние десятилетия, которую

многие исследователи связывают с хозяйственной деятельностью человечества, многократно возросшую со второй половины XX в [56-58]. Также стоит отметить, что под действием изменения климата негативный эффект от этой нагрузки усиливается и приводит к росту заболеваемости, влекущей за собой повышенную смертность населения [52;60;61]. В связи с исключительной важностью проблемы глобальных климатических изменений, в 2009 г. в Российской Федерации утверждена Климатическая доктрина, согласно которой, проблема изменения климата является частью обеспечения национальной безопасности страны [28].

Стоит отметить, что, несмотря на многочисленные проведенные ранее научные исследования, посвященные этой тематике, сравнительные анализы климатических изменений между небольшими локальными территориями, имеющими сходные физико-географические условия и расположенными в относительной близости друг от друга, ведутся пока слабо. Основное внимание уделяется изучению климатических изменений в глобальном масштабе. Исходя из этого, была определена тема исследования: "Сравнительный анализ показателей климата (среднегодовые температура и осадки) Красноярской и Минусинской котловин второй половины XX века".

Объект исследования: климат Красноярской и Минусинской котловин.

Предмет исследования: изменение температуры воздуха и количества атмосферных осадков на территории Красноярской и Минусинской котловины.

Цель работы - оценить изменения показателей климата (среднегодовые температуры и осадки) во второй половине XX в. на территории Красноярской и Минусинской котловин, и выявить их тенденцию до 2030 г.

Задачи:

1.Изучить историю исследования вопроса об изменениях глобального и регионального климата, наблюдаемого во второй половине XX в.

2.Освоить методику обработки числовых данных с помощью программы «Exele».

3.Изучить природные условия Красноярской и Минусинской котловин и

сравнить ход изменений среднегодовых температур воздуха и осадков на этих территориях за период с 1951 по 2000 гг.

4.Выявить тенденцию изменения среднегодовых температур воздуха и осадков на территории Красноярской и Минусинской котловин до 2030 г.

Настоящая работа выполнялась на основе данных метеорологических наблюдений, проводившихся на территории Красноярской и Минусинской котловин во второй половине XX века. Таблицы метеорологических наблюдений были предоставлены научно-техническим архивом среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Обработка данных производилась с помощью программно-вычислительного комплекса "Exele".

Методы исследования: метод литературного анализа, методы математической статистики, методы анализа данных.

Новизна: в работе были выявлены отличительные особенности хода среднегодовых температур и осадков на территориях Красноярской и Минусинской котловин в условиях глобальных климатических изменений последнего периода, а также рассчитаны прогнозные значения этих параметров в период до 2030 г.

Практическая значимость:

1.Выявленные отличия климатических особенностей Красноярской и Минусинской котловин, а также рассчитанные прогнозные значения среднегодовых температур и годовых сумм осадков на этих территориях позволят учитывать планируемую там хозяйственную или иную деятельность в ближайшие 12 лет.

По материалам магистерской диссертации опубликовано 2 статьи в сборниках научных конференций.

1 Глобальные и региональные климатические изменения, наблюдающиеся со второй половины XX века

1.1 Научная проработанность вопроса

В течении всей истории нашей планеты, климат постоянно менялся. Многочисленные исследования в этой сфере, проводившиеся в мире с конца XIX в. и продолжающиеся по настоящее время показывают, что глобальные изменения климата Земли - это циклический процесс, в ходе которого, периоды потепления постепенно сменяются похолоданиями [34]. Каждый из таких периодов длится долгое время и вызван естественными причинами. В глобальном масштабе похолодание менялось потеплением примерно раз в несколько сотен тысяч лет, однако в этом промежутке обычно происходили многочисленные менее продолжительные температурные колебания [34;49;62]. Климатические циклы влияют не только на изменение приповерхностной температуры воздуха, но и на ледовую обстановку в Арктике, гидрологический режим Мирового океана, внутренних водоемов и некоторые другие параметры. Первые гипотезы о наличии цикличности климата были представлены и опубликованы еще в XIX веке такими исследователями как Э.А.Брикнером, А.И.Воейковым, А.В.Шнитниковым и некоторыми другими. Согласно этим гипотезам, глобальный климат - это ритмичный процесс, подчиняющийся множеству факторов различного уровня. Исследователями отмечено, что смена природно-климатических циклов в той или иной мере влияет на течение процессов в окружающей природной среде всех уровней. Существует гипотеза, что глобальные климатические изменения вызываются периодически изменяющимися космическими и геофизическими факторами, главный из которых - уровень солнечной активности [14;34;55]. Одним из доказательств циклической изменчивости климата в далеком прошлом являются палеоботанические исследования. Например, по исследованиям останков древесной растительности в Европейской части России была определена связь состава различных древостоев с тем или иным климатическим режимом, господствовавшим в ту или иную геологическую эпоху [16].

В настоящее время средняя температура на Земле составляет около 15°C , в то время как еще 20 тысяч лет назад она была на $4-5^{\circ}\text{C}$ ниже. Согласно расчетам ряда климатологов, в настоящее время наша планета должна была войти в очередную фазу похолодания климата. Однако результаты метеорологических наблюдений за последнее столетие, напротив, говорят о глобальном и, при том, крайне интенсивном росте приповерхностной температуры [10;11;25;30]. В связи с этим в последние десятилетия за изменениями климата человечество стало следить особенно пристально. Например, в конце 1980-х гг. была создана межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), раз в 5-7 лет публикующая масштабные доклады о наблюдаемых на планете климатических изменениях. В 2001 и 2014 гг. были опубликованы ее последние доклады (третий и пятый) доклады, которые являются наиболее значимыми и представляют собой как бы подведение итогов изменений климата в XX-начале XXI вв. В доклады включены материалы таких известных ученых-климатологов, как Израэля Ю.А. и многих других известных ученых-климатологов об изменениях глобального климата. На основании содержания этих докладов были доказаны следующие факты:

1) средняя глобальная температура в Северном полушарии Земли в течение XX в. возросла на $0,8^{\circ}\text{C}$. Однако, несмотря на это, данный тренд не являлся непрерывным. Об этом говорит период относительного похолодания, которое наблюдалось с 1946 по 1975 гг. (рисунок 1);

2) с помощью дендрохронологических методов установлено, что XX век оказался самым теплым за последнее тысячелетие;

3) с 1950 по 1993 гг. средние ночные минимальные температуры росли на $0,2^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, а дневные - на $0,1^{\circ}\text{C}$ соответственно. Как следствие, произошло удлинение безморозного периода в средних и высоких широтах;

4) с начала 1970-х гг. на 10% сократилась площадь снежного покрова, а продолжительность ледостава в средних и высоких широтах - на 2 недели;

5) с 1950-х гг. площадь морского льда весной и летом уменьшилась примерно на 10-15%, а толщина (с конца лета до начала осени) - на 40%;

6) XX век отметился повышением среднего уровня моря на 10-20 см, что можно объяснить активным таянием ледников;

7) в XX веке наблюдался рост выпадающих осадков в средних и высоких широтах, составлявший примерно 0,5-1% в 10 лет. Чаще стали отмечаться сильные и очень сильные осадки. Но несмотря на это, в субтропиках Северного полушария в этот период, напротив, наблюдалось сокращение количества осадков до 3% за 10 лет. В Южном полушарии четкого тренда по количеству выпадающих в XX веке осадков не наблюдалось;

8) начиная с 50-х годов XX века выросло число дней с экстремально высокими температурами, а с экстремально низкими - напротив, сократилось. В последнее десятилетие в отдельных районах Азии и Африки увеличилась повторяемость и интенсивность засух [25;56].

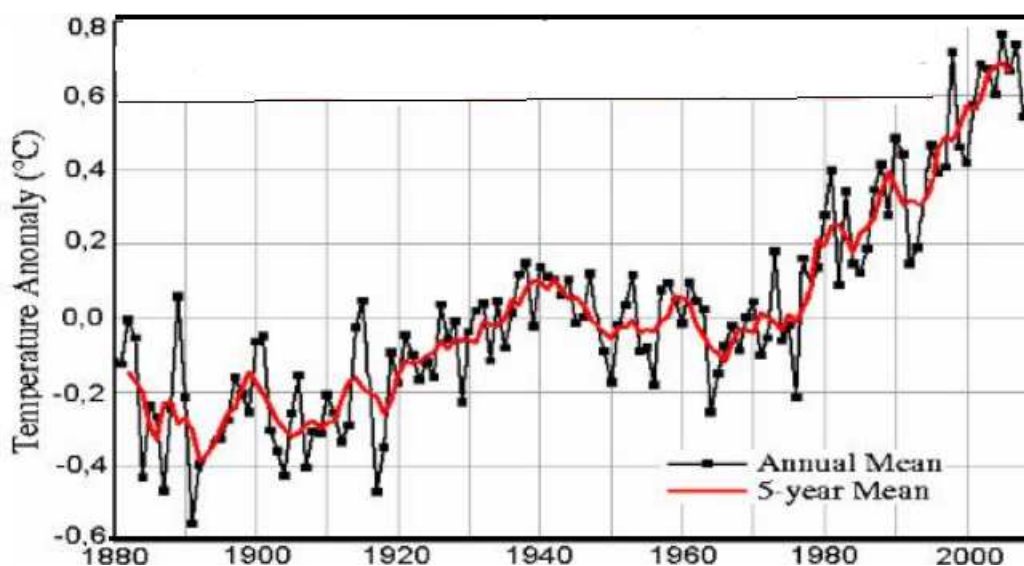


Рисунок 1 - Отклонение температуры воздуха от нормы 1961-1990 гг. в Северном полушарии за период 1880-2008 гг. [25]

В XX в. наиболее ярко глобальные климатические изменения проявились в 1990-е гг. В этот период отмечалось рекордное повышение глобальной

среднегодовой температуры воздуха у поверхности Земли, какого ранее не наблюдалось, при этом наиболее существенные климатические изменения были зафиксированы в умеренных и высоких широтах - Арктике, Восточной Сибири и крайнем западе Европейской части России. Главной особенностью процесса потепления во второй половине XX в. был рост глобальной температуры за счет весенне-зимнего периода, в то время как летом и осенью рост среднегодовых температур не наблюдался или наблюдался значительно слабее [18;21;56] .

В первые 15 лет XXI в. во многих регионах были отмечены новые положительные рекорды среднегодовых температур, перекрыв те, что были зафиксированы в 1990-х гг. [6;46;59]. Экстремальные природные явления в начале XXI века наблюдались почти во всех регионах планеты, а интенсивность многих неблагоприятных климатических явлений была беспрецедентной - это периоды аномальной жары и засухи летом 2003 и 2010 гг. на европейской части Евразии, экстремальные осадки в г.Крымске летом 2012 года, аномальные зимние холода в Европе в тех же годах и многое другое. А по последним расчетам климатологов, стало известно, что 2016 г. стал самым теплым годом на планете за всю предыдущую систему наблюдений. Более того, в этот год средняя температура оказалась впервые превышена во всех регионах планеты без исключения [19;23;24].

В связи с ростом внимания мирового сообщества к проблеме климатических изменений на Земле, в последние годы был проведен ряд соответствующих исследований.

Так, в 2014 году был выполнен статистический анализ современных изменений температуры воздуха и скорости ветра в тропосфере Северного полушария по данным Отдела исследования климата Университета Восточной Англии о приповерхностной температуре по всему земному шару за 1850—2013 гг. (HadCRUT4) и реанализа NCEP/NCAR (1948—2013 гг.). Выявлены долгопериодные тенденции изменения температуры воздуха и скорости ветра на разных изобарических поверхностях. Установлена упреждающая роль зональной циркуляции атмосферы в долгопериодной изменчивости

осредненной по зоне 30-70° с. ш. температуры воздуха в нижней тропосфере. Вклад скорости ветра, согласно результатам корреляционного анализа, в изменчивость температуры составляет в отдельных районах Северного полушария не менее 60%, что очень существенный показатель [38].

В рамках другого исследования, были проведены работы, касающиеся выявления изменений характеристик циклонов и антициклонов (количество, время жизни, интенсивность и размер) для различных сезонов в атмосфере внетропических широт Северного полушария, а также выявления влияния гидрометеорологического состояния Северной Атлантики на климат Евразии. Было доказано, что в период 1983-2012 гг. в Северном полушарии наблюдался небольшой рост числа мелких внетропических циклонов в летний период, а в зимний - крупных антициклонов (относительно 1948-1977 гг.) Мощность антициклонов и их время жизни имеет общую тенденцию к уменьшению. Также была выявлена связь между увеличением температуры поверхностного слоя вод Северной Атлантики, которое произошло в середине 70-х гг. XX века и резкого роста средних температур евроазиатского континента в период 1980-2000 гг. Предполагается, что сейчас гидрометеорологический сценарий в Северной Атлантике вновь становится близким к сценарию, развивавшемуся в 1950-1970-х гг., вследствие чего континентальность климата Евразии вскоре должна возрасти. Стоит отметить, что, возможно, это уже подтверждается увеличением числа аномально холодных зим в период с 2005-2012 гг., которые наблюдались в Северном полушарии [1;9;37].

Несмотря на многочисленные исследования, в научном сообществе пока окончательно не решен вопрос о причинах глобальных климатических изменений на планете, факты о которых были приведены выше. На сегодняшний день, практически все исследователи признают, что человечество, в той или иной степени воздействует на климат планеты, что проявляется путем масштабных выбросов парниковых газов, провоцирующих дополнительный разогрев нижних слоев атмосферы. Однако, у гипотезы доминирования антропогенного фактора есть как сторонники, так и противники. Если говорить

о процессах изменения климата в глобальном масштабе, то некоторые ученые делают предположения о конечном преобладании естественных причин над антропогенными. Такое мнение, например, у исследователя-климатолога В.Г. Кривенко [34;39;47]. Такое мнение, например, у исследователя-климатолога В.Г. Кривенко, который отмечает доминирующую роль природной цикличности в механизмах климатических изменений. Однако ученый отмечает и тот факт, что, несмотря на уже доказанную теорию существования природно-климатических циклов, на сегодняшний день по-прежнему невозможно достоверно предсказать точный приход того или иного климатического цикла по причине их многослойности, наложении друг на друга во времени, а также вмешательстве антропогенного фактора [32;40]. Похожее мнение и у известного геофизика Сорохтина [47]. С помощью математических вычислений, исследователь показывает, что текущий 30-летний период потепления объясняется исключительно природными причинами, связанными с возрастающей в этот момент солнечной активностью (рисунок 2).

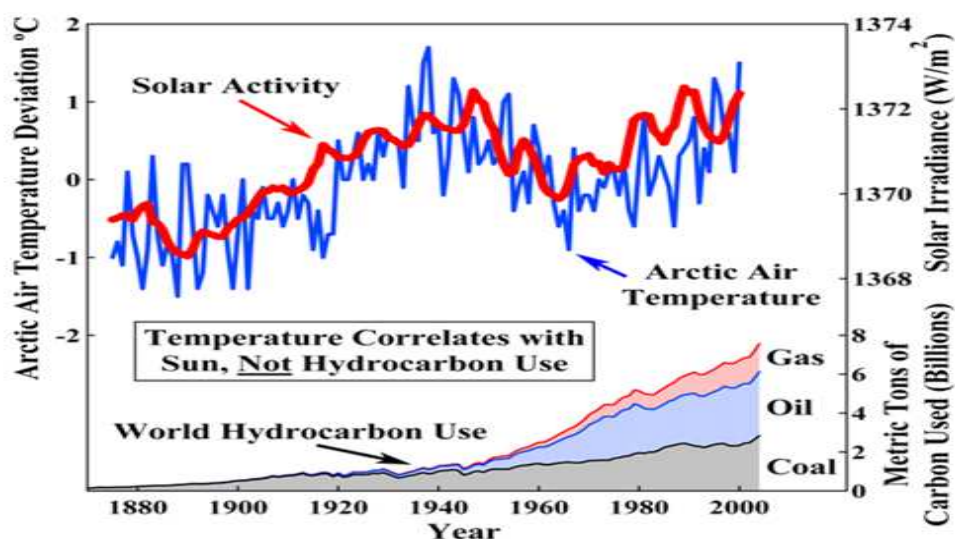


Рисунок 2 - Соотношение изменений средних температур Арктики, солнечной активности и антропогенного фактора [47]

Как видно из рисунка 2, резкий рост сжигания ископаемого топлива во второй половине XX века совпадает с естественным природно-климатическим циклом планеты, обусловленным очередным ростом солнечной активности.

Современная наука признает, что трудность в определении причин современных климатических изменений состоит в отсутствии достоверных количественных оценок соотношения между вкладами природных и антропогенных факторов в процесс этих изменений. Из этого вытекает главная трудность в понимании причин глобальных климатических изменений - невозможность полного учета всех климатических обратных связей [11]. Но, по мнению известного климатолога, академика Г.С. Голицына, в любом случае, изменения пока будут происходить не столь интенсивно, чтобы человек не успел к ним приспособиться [14].

На фоне научных споров о причинах наблюдаемых изменений климата, стоит отметить результаты исследований, проведенных американским климатологом Уильямом Риддеманом из Вирджинского университета США, которым была разработана теория, получившая название, "раннего антропоцена". Суть ее сводится к тому, что человек начал влиять на климат еще 8-10 тыс. лет назад, а не последние 100-150 лет, как это принято считать. Исследователь обосновывает свою гипотезу изучением ледяных кернов, образовавшихся за период от 350 до 800 тысяч лет. Результаты показывают, что именно на начало развития сельского хозяйства и скотоводства приходится резкий рост уровня CO₂ и CH₄ в атмосфере, что объясняется повсеместным заболачиванием территорий, вследствие ирригации, а также масштабным сжиганием биомассы. Также ученый отмечает, что в этот же период, согласно естественным циклическим изменениям, должен был начаться очередной период похолодания в истории планеты, однако средняя температура напротив перешла к росту, что опять же можно объяснить антропогенным вмешательством в этот процесс. Однако, широкого признания в научном сообществе эта теория не получила [63].

1.2 Особенности климатических изменений на территории Российской Федерации

Глобальный рост приповерхностной температуры воздуха, начавшейся во второй половине XX в. и достигший своего максимума в начале XXI в., наиболее заметно проявился на территории Росси. Это объясняется тем, что большая часть государства лежит в высоких и умеренных широтах, которые наиболее подвержены последствиям современных климатических изменений. Несмотря на то, что еще в конце XIX века средняя температура полярных областей, расположенных выше 60°C с.ш. достигала минимальных значений за весь период инструментальных метеонаблюдений, уже с 1920-х гг. начался ее быстрый рост, который достиг своего максимума к 1940-м гг. В этот период с рекордной скоростью отступал ледниковый покров, повсеместно разрушалась вечная мерзлота, а граница лесов умеренных широт постепенно смещалась к северу. В связи с этими обстоятельствами в России стало возможным более полно использовать Северный морской путь в экономических целях. Однако со второй половины 40-х гг. XX века средняя глобальная температура вновь начала понижаться, в результате чего континентальность арктического климата усилилась - среднегодовые температуры в регионе опять стали соответствовать значениям конца XIX века, а температура воды в Карском море к первой половине 1960-х гг. понизилась на 3°C . Тем не менее с середины 70-х гг. XX века в мире, а особенно в высоких и умеренных широтах, вновь стал отмечаться быстрый рост средних температур у земной поверхности (рисунок 3) [5;10;21]. Установлено, что в период с 1976 по 2011 гг. тренд роста среднегодовой температуры российской Арктики составил $0,8-1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет. [17]. Второе место заняла Европейская территория России и Восточная Сибирь ($0,4-0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет), третье место по интенсивности потепления принадлежит южной и центральной части Западной Сибири, а также Северо-Кавказский регион ($0,1-0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет).

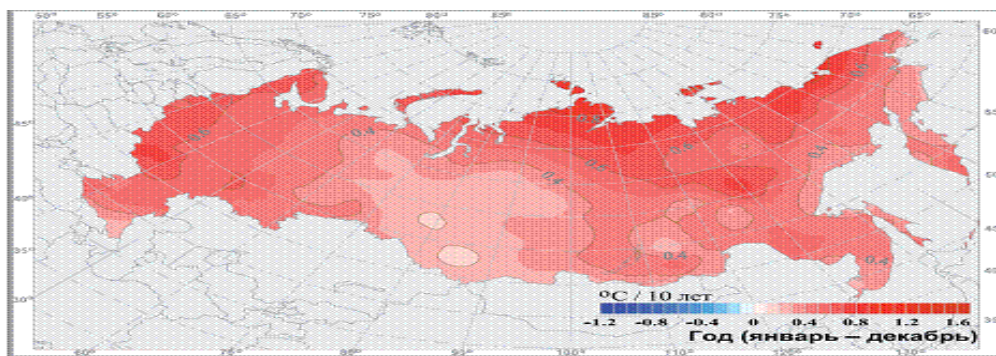


Рисунок 3 - Тренд среднегодовых температур на территории России за период 1976-2011 гг. [19]

Стоит отметить, что тренд среднегодовых температур в различных регионах России в некоторых случаях отличался от сезонных температурных трендов в них (рисунок 4). Например, на территории Урала, частично, Сибири и северо-востока страны, несмотря на общий положительный тренд среднегодовых температур в период с 1976 по 2011 гг., в зимний период наблюдались существенные отрицательные температурные тренды, а на территории юга Западной Сибири таковые наблюдались и летом (рисунок 4).

Наиболее масштабный и существенный рост средних температур наблюдался в России в весенний период, что особенно ярко проявилось в средней Сибири и на северо-востоке страны. Весна - единственный сезон, в котором ни по одному региону России в период с 1976 по 2011 гг. не было выявлено отрицательного, либо нулевого тренда, а положительные тренды на большей части страны превышали 0,8-1°C/10 лет. В летний сезон максимальный температурный тренд зафиксирован на крайнем западе и юге европейской территории России. Осенью наиболее существенные положительные температурные тренды наблюдались на северо-востоке России, п-ове Таймыр, а также на юге европейской территории страны. На территории восточной и западной Сибири температурный тренд был слабо положительный или нулевой [19].

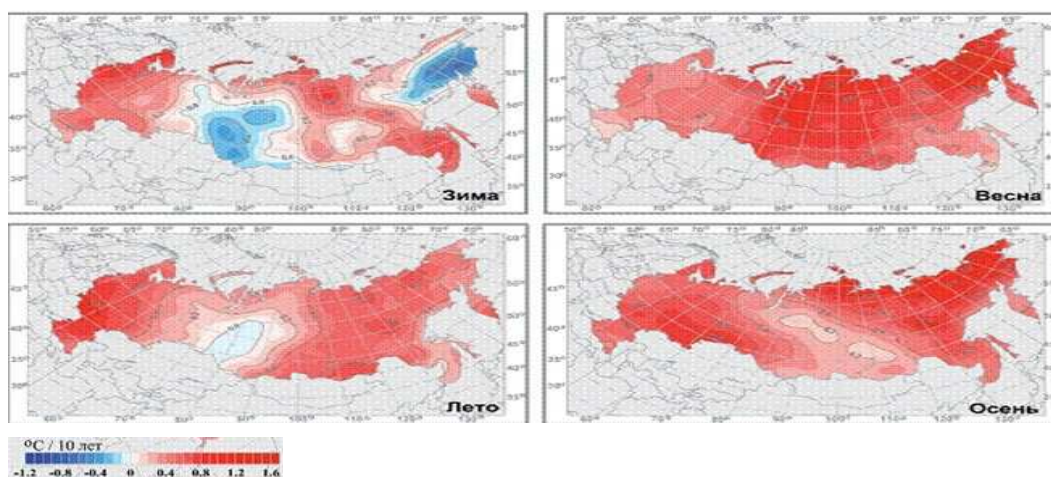


Рисунок 4 - Тренд сезонных изменений температур территории России за период 1976-2011 гг.[19]

Таким образом, в России в последнюю четверть XX в. и в первое десятилетие XXI в. интенсивнее всего теплели переходные сезоны года - весна и осень. Зимой и летом в отдельных регионах в этот же период, напротив, наблюдался отрицательный температурный тренд.

К вышесказанному стоит отметить, что за период с 1976 по 2011 гг. на территории России также отмечался положительный тренд изменений в количестве годовых сумм осадков, однако выражен он гораздо слабее и неоднороднее, чем температурные тренды. В отдельных регионах тренд отсутствует полностью или он очень незначительный. Наиболее заметным был рост количества осадков в Западной Сибири и на севере Европейской части России [19;37]. В течении 2000-х гг. высота снежного покрова на этих территориях была больше на 10 см от средних значений 1961-1990гг. Также на территории Западной Сибири была проведена оценка изменения экстремальных осадков за период 1951-2010 гг. В результате установлено что на северо-востоке региона в период 1981-2010гг. произошел значимый рост количества дней с осадками более 5 мм, относительно периода 1951-1980 гг.

В процессе исследований установлено также увеличение интенсивности оттаивания многолетней мерзлоты на севере европейской части России, вызванное ростом средних температур и количества осадков. Например, в

Ненецком автономном округе в период 2000-2010 гг. толщина сезонно-талого слоя увеличилась, в среднем, на 2-4 см., что весьма существенно. В Ямало-Ненецком автономном округе с 70-х гг. XX в. эта величина растет на 1 см ежегодно. В целом, по всей русской Арктике наблюдается снижение количества дней со снежным покровом, а также занимаемой им площади. В западной части Арктического региона с 1976 г. эта величина по ряду мест уменьшилась на 15-20 дней [19;44].

Стоит отметить, что в конце XX и первые 15 лет XXI вв. в России, как и во всем мире резко возросло количество опасных и экстремальных метеорологических явлений. Это увеличение проявилось в таких явлениях, как сильные ветра и метели, очень холодная погода, заморозки и сильные осадки. Особо стоит выделить 2010 год, в начале которого на территории России наблюдалась аномально холодная зима, затем рекордная по продолжительности летняя жара и последующая за ней очень теплая осенняя погода. Рекордным на опасные метеорологические явления в России выдался 2012 год, когда было зафиксировано 469 опасных метеорологических явления [19;31].

С начала XXI века большое число аномальных погодных явлений было зафиксировано на территории Приенисейской Сибири. Например, в г.Красноярске и его окрестностях рекордно теплыми стали зимы 2001-2002 и 2006-2007 гг., где аномалия составляла 6-7°C от нормы. Но в то же время зимы 2005-2006 гг. и 2009-2010 гг. стали в этом же регионе, напротив, одними из самых холодных за инструментальный период наблюдений. А в начале второго десятилетия XXI века в Красноярске были обновлены ряд абсолютных максимумов средних месячных температур. Так, самыми жаркими за всю историю метеонаблюдений стали июнь 2011 и 2012 гг., а также ноябрь и декабрь 2013 г. Более того, в зиму 2013-2014 гг. постоянный снежный покров на территории г. Красноярска установился лишь 18 декабря, чего не бывало никогда прежде [36].

Подводя итог ко всему вышесказанному, можно сделать однозначный вывод - глобальные климатические изменения на планете происходят. На

сегодняшний день рост средней глобальной температуры, который, с некоторым перерывом, наблюдался в течении XX века инструментально доказан и не подлежит сомнению. На первый план выходят вопросы о причинах этих изменений, поведении климата планеты и отдельных регионов в будущем и о том, чем грозят эти изменения человечеству. Несмотря на значительный научно-технический прогресс в области климатологических исследований, однозначных ответов о причинах климатических изменений наука на сегодняшний день не получила. Также несмотря на то, что беспрецедентное ускорение роста средне - глобальных температур совпадает с началом массовой индустриализации общества, наука пока не в состоянии доказать вину человечества в этом процессе. Однако все ученые сходятся в одном - даже допуская отсутствие существенного влияния технического прогресса на климат земли, человеку необходимо прикладывать все усилия, чтобы не усугубить ситуацию.

2 Методы исследования

2.1 Ряды климатологических данных. Климатические тренды

Климатологический ряд. Климатологическим рядом принято называть любую совокупность метеорологических данных, которая включает в себя накопленные за тот или иной промежуток времени значения определенных метеорологических параметров. К таковым в первую очередь относятся температура воздуха, количество выпавших атмосферных осадков, сила и направления ветра и некоторые другие. Такие ряды обычно представлены в виде таблиц и на их основе составляется статистическая совокупность ряда, а затем проводится анализ любых климатических изменений.

Статистическую совокупность принято разделять на выборочную и генеральную. Под генеральной совокупностью понимается теоретически бесконечный ряд данных (например, температура воздуха 1 июня за неограниченное число лет). Выборочная же совокупность подразумевает ряд данных за конкретный промежуток времени (к примеру, температура воздуха 1 июня за период 1950-2000 гг.). Любой климатологический ряд содержит выборочную совокупность. Ряды могут записываться как в хронологическом порядке, так и с помощью ранжирования членов ряда, то есть порядка возрастания или убывания [26;35;51].

В метеорологии считается, что климатологические ряды состоят из значений случайных переменных величин, которые могут подразделяться на дискретные и непрерывные. Под дискретной величиной понимается частота наступления какого-то явления за определенный промежуток времени в виде конкретной величины или явления (например, число дней с дождем за месяц). Непрерывная величина - это показатель, который в принципе изменяется так или иначе (например, температура воздуха за определенный период).

Все случайные переменные рассматриваются в зависимости от количества рассматриваемых метеорологических величин. Наиболее

объективным получается исследование таких величин при условии их совместного изучения. Такие случайные переменные носят названия векторные. При таком исследовании учитывается взаимосвязи между той или иной метеорологической величины. При климатологических исследованиях объектом изучения становятся одномерные метеорологические величины либо их комплекс, но, как правило, статистический анализ более трех величин одновременно не проводится по причине объективных технических трудностей. В комплексах метеорологических величин все климатологические ряды имеют совокупность значений одинаковой метеорологической величины, которая относится к различным моментам времени (температура воздуха за два месяца), либо к различным точкам пространства (температура воздуха в разных местах в одно и то же время). В целом, под многомерными случайными величинами можно понимать все изменения метеорологических величин в пространственно-временном формате [35;43;51].

Климатические тренды. Под трендом в общем смысле понимается тенденция изменения чего-либо во временном масштабе. В климатологии под трендом подразумевается тенденция изменения во времени каких-либо метеорологических элементов - среднегодовой температуры воздуха, годовых сумм осадков, скорости ветра и т.д. Для выявления тенденций широко используется линия тренда, которая представляют собой геометрическое выражение средних значений анализируемого показателя, полученное с помощью той или иной математической функции. Линия тренда может быть линейной, логарифмической, полиномиальной, степенной или экспоненциальной. В данной работе применялась линия тренда линейного типа.

В климатологии и других науках линии тренда обычно используются при прогнозировании изменений каких-либо параметров (например, среднегодовой температуры воздуха) в будущем. При построении модели прогноза одним из главных показателей, который характеризует ее качество является коэффициент детерминации. Коэффициентом детерминации (R^2) называется доля дисперсии зависимой переменной, которая объясняется рассматриваемой

моделью. Иными словами, это единица минус доля необъясненной дисперсии (дисперсии случайной ошибки модели, или условной по признакам дисперсии зависимой переменной) в дисперсии зависимой переменной. Если зависимость линейная, то R^2 представлен квадратом так называемого множественного коэффициента корреляции между зависимой и объясняющей переменными. Например, для модели линейной регрессии с одним признаком x коэффициент детерминации соответствует квадрату обычного коэффициента корреляции между x и y [26;43].

Формула нахождения истинного коэффициента детерминации модели зависимости случайной величины y от признаков x такова:

$$R^2 = 1 - \frac{V(y|x)}{V(y)} = 1 - \sigma^2 / \sigma_y^2, \quad (1)$$

где $V(y|x) = \sigma^2$ - условная (по признакам x) дисперсия зависимой переменной (дисперсия случайной ошибки модели).

Коэффициент детерминации может принимать значения в модели от 0 до 1. Чем ближе показатель к 1, тем сильнее зависимость. Для приемлемых моделей принято, что коэффициент детерминации не должен быть ниже 0,5 (50%). Если коэффициент в модели превышает 0,8 (80%), то она признается достаточно хорошей. Если коэффициент детерминации равен 1, то это означает точное описание объясняемой переменной рассматриваемой моделью. Модели с коэффициентом детерминации ниже 0,5 (50%) признаются моделями плохого качества [35;43].

2.2 Методы, используемые для расчетов

2.2.1 Расчет среднегодовых температур и годовых сумм осадков

Для обработки были взяты данные таблиц метеорологических наблюдений по нескольким метеорологическим станциям Красноярской и Минусинской котловин в период с 1951 по 2000 гг. Расчет значений среднегодовых температур за исследуемый период производился путем осреднения среднемесячных температур по каждой метеорологической станции, данные о которых имелись в таблицах. Расчет годовых сумм осадков был произведен с помощью суммирования месячных сумм осадков, данные о которых также имелись в таблицах метеорологических наблюдений за исследуемый период [48]. Расчеты проводились с использованием функции "срзнач", рассчитывающей среднее арифметическое из множества данных. Для использования этой и последующих функций необходимо левой клавишей мыши нажать на раздел "формулы", затем на "вставить функцию" и выбрать из предложенного списка функций необходимую, предварительно выделив левой клавишей мыши диапазон значений, к которому требуется применить функцию. Общая формула среднего значения какого-либо показателя такова:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k, \quad (2)$$

где \bar{x} - выборочная средняя величина или среднее арифметическое значение по выборке;

n - количество испытуемых в выборке или частных показателей, на основе которых вычисляется средняя величина;

x_k - частные значения показателей у отдельных испытуемых. Всего таких показателей n , поэтому индекс k данной переменной принимает значения от 1 до n ;

Σ - принятый в математике знак суммирования величин тех переменных, которые находятся справа от этого знака [35;43].

Далее с помощью функции "сумм" были рассчитаны годовые суммы осадков на метеорологических станциях, данные с которых выбраны для исследования.

После вычисления среднегодовых значений температур и годовых сумм осадков были вычислены общие показатели этих параметров по территориям Красноярской и Минусинской котловинам. Для этого использовалась функция "срзнач".

2.2.2 Построение графиков и линий тренда

На основе рассчитанных среднегодовых температур и годовых сумм осадков по метеорологическим станциям, данные с которых были выбраны для исследования, были построены графики, на которых отображен ход изменений этих параметров. Для построения графиков необходимо левой клавишей мыши нажать на раздел "вставка", затем на "график" и выбрать тип графического отображения, предварительно выделив левой клавишей мыши диапазон значений, которые требуется отобразить графически. В данном случае был использован первый вариант графика, применяемый в случае если имеется много точек данных, порядок которых важен.

На каждом графике были отображены линии тренда, уравнения и коэффициенты аппроксимации к линиям тренда. Чтобы добавить к графику линию тренда, необходимо правой клавишей мыши нажать на линию графика, затем левой клавишей на функцию "добавить линию тренда" и выбрать ее тип. В данном случае для всех графиков был выбран линейный тип линии тренда. Для отображения уравнения к линии и коэффициента аппроксимации необходимо поставить галочки напротив соответствующих функций.

2.2.3 Расчет стандартного отклонения

Под стандартным (среднеквадратичным) отклонением понимается показатель рассеяния данных вокруг их среднего значения. Стандартное отклонение рассчитывается путем извлечения квадратного корня из дисперсии, которая также является показателем разброса данных. Преимуществом среднего квадратичного отклонения перед дисперсией является то, что оно выражается в тех же единицах измерения, что и среднее значение признака [35].

В настоящей работе было вычислено среднеквадратичное отклонение для среднегодовых температур и годовых сумм осадков по всем метеорологическим станциям, данные с которых были выбраны для исследования. Расчет производился с помощью функции "стандотклон", которая позволяет оценивать стандартное отклонение по выборке.

Формула нахождения стандартного (среднеквадратичного) отклонения такова:

$$S^2 = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{X})^2}{n}}, \quad (3)$$

где S -значение выборочной дисперсии;

$\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{X})^2$ - выражение, говорящее о том, что во всех X_k в выборке

нужно вычислить разности между частными и средними значениями, возведя их в квадрат, а затем просуммировать;

n -общее число компонентов в выборке [50;51].

2.2.4 Прогнозирование в программе "Exele"

Прогнозирование в программно-вычислительном комплексе "Excel" можно осуществлять несколькими методами.

Для осуществления прогноза значений на основе известных показателей можно использовать функции "предсказ", "тенденция" и "рост". Для того, чтобы воспользоваться какой-либо из этих функций необходимо зайти в раздел "Формулы", затем нужно нажать в меню "Вставить функцию". Из предложенного списка функций следует выбрать "предсказ", "тенденция" или "рост".

Функция "предсказ" вычисляет будущие показатели по известным значениям. Программа использует линейную регрессию. В функции под аргументом "X" понимается одна точка или массив данных, для которых предсказывается значение, под аргументом "известные значения Y" зависимый массив или интервал данных, а под аргументом "известные значения X" - независимый массив или интервал данных. Уравнение для функции "предсказ" имеет вид $a+bx$

Функция "тенденция" используется для прогнозирования при линейной зависимости. Данная функция возвращает значения в соответствии с линейным трендом. Аппроксимирует прямой линией (по методу наименьших квадратов) массивы "известные значения Y" и "известные значения X". Возвращает значения Y, соответствующие этой прямой для заданного массива «новые значения X». В функции под аргументом "известные значения Y" понимается множество значений Y, которые уже известны для соотношения $y = mx + b$. Под аргументом "известные значения X" понимается необязательное множество значений X, которые уже известны для соотношения $y = mx + b$. Под "новыми значениями X" понимаются новые значения X, для которых функция возвращает соответствующие значения Y. Функцию "тенденция" можно использовать для аппроксимации полиномиальной кривой, проводя регрессионный анализ для той же переменной, возведенной в различные степени.

Функция "рост" рассчитывает прогнозируемый экспоненциальный рост на основании имеющихся данных. Функция "рост" возвращает значения Y для последовательности новых значений X, задаваемых с помощью существующих

X- и Y-значений. Функция рабочего листа "РОСТ" может применяться также для аппроксимации существующих X- и Y-значений экспоненциальной кривой. В функции под аргументом "известные значения Y" понимается множество значений Y, которые уже известны в уравнении $y = b * m^x$. Под аргументом "известные значения X" понимается необязательное множество значений X, которые уже известны в уравнении $y = b * m^x$. Аргумент "новое значение X" — новые значения X, для которых функция возвращает соответствующие значения Y [26].

В данной работе для прогнозирования значений показателей климата в будущем была использована функция "тенденция".

[Изята глава 3].

[Изята глава 4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования была достигнута обозначенная цель - дана оценка оцени изменения показателей климата (среднегодовых температур и осадков) во второй половине XX в. на территории Красноярской и Минусинской котловин, и выявлена их тенденция до 2030 г. Для достижения поставленной цели были решены поставленные для исследования задачи:

1. Изучена история исследования вопроса об изменениях глобального и регионального климата, наблюдаемого со второй половины XX в.

Установлено, что исследования в области климатологии начались в конце XIX в., а наиболее активно стали проводиться во второй половине XX в. Установлено, что глобальное изменение климата в современный период является научно доказанным фактом. Инструментально подтвержден интенсивный рост средней температуры у поверхности земли за последние 30-40 лет, как в глобальном, так и в региональном масштабах. Однако причины этого наукой пока не установлены, влияние хозяйственной деятельности человека на этот процесс достоверно не доказано. Тем не менее научное сообщество сходится во мнении о том, что человечеству необходимо предпринимать усилия для минимизации своего воздействия на климат, путем сокращения выбросов парниковых газов.

2. Сравнены изменения среднегодовых температур воздуха и годовых суммы осадков на территории Красноярской и Минусинской котловин за период 1951-2000 гг. Установлено, что в период с 1951 по 2000 гг. потепление на исследуемой территории Минусинской котловины шло более интенсивно и более равномерно, а рост средних годовых сумм осадков, напротив, был менее интенсивным и более скачкообразным, чем в Красноярской котловине.

3. Расчитана тенденция изменения климата на территории Красноярской и Минусинской котловин в XXI в. в период до 2030 г. Установлено, что в период с 2018 по 2027 гг. на исследуемых территориях Красноярской и Минусинской котловин ожидается сохранение общих трендов изменения среднегодовой

температуры и осадков, относительно тех, что наблюдались с начала ХХІ века.

Подводя итог, можно заключить, что неодинаковый характер изменений среднегодовой температуры воздуха, а также годового количества осадков в пределах двух рассмотренных территорий, указывает на присутствие локальных различий в пределах подзон одной лесостепной зоны Приенисейской Сибири.

Данная научно-исследовательская работа имеет большую практическую значимость. Климатический режим территории, в особенности ее среднегодовые температуры и количество осадков, влияет практически на все сферы деятельности человека. Исходя из этого, для планирования и ведения хозяйственной или иной деятельности крайне важно иметь достоверную информацию о прошлых и возможных будущих климатических изменениях на конкретной территории. Расчет прогнозных значений важнейших климатических показателей (среднегодовые температура и осадки) позволит учитывать их при хозяйственном освоении территорий Красноярской и Минусинской котловин, а также при размещении зон рекреации на этих территориях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акперов, М.Г. Вихревая активность во внетропических широтах северного полушария. / М.Г. Акперов, И.И. Мохов, М.А. Прокофьева // Сборник тезисов докладов к международной школе-конференции молодых ученых "Изменение климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз адаптация", 14-19 сентября.- Кисловодск: ГЕОС, 2014.- 281с.
2. Алисов, Б.П. Климатические области и районы СССР: учебное пособие / Б.П.Алисов. - М.:Географиз,1947.-211 с.
3. Андаников, В.Л. Почвенный покров. / В.Л. Андаников // Атлас Красноярского края и республики Хакасия.- Новосибирск: Роскартография, 1994. - С.34-35.
4. Атлас по физической и экономической географии России: (с компл. контур. карт) / сост. и подгот. к изд. ОАО «Роскартография» в 2013 г.;отв. ред. О. А. Евтеев. - Испр. в 2014 г. -М. : Роскартография, 2014. - 62 с.
5. Баранов, А.А. Причины и основные тенденции динамики ареалов птиц на территории Средней Сибири. / А.А. Баранов, К.К. Воронина // Материалы XI международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному Дню Земли и 100-летию заповедной системы России, 22 апреля. - Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2016. - 288 с.
6. Белов, А.В. Растительный покров / А.В. Белов // КАТЭК Серия карт. - М.: Росгеодезия СССР, 1991.- С.16-18.
7. Безруких, В.А. Географические факторы формирования и функционирования современного землепользования на территории Красноярского края / В.А. Безруких, О.Ю. Елин // Монография. - Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2014. - 232 с.

8. Боженков, И.К. Геология района города Красноярск / И.К. Боженков, М.П. Нагорский // Материалы по геологии Красноярского края. - Томск, 1937.- Вып.№1.- 110 с.

9. Бышев, В.И. Влияние гидрометеорологического состояния Северной Атлантики на климат Евразии / В.И. Бышев, В.Г.Нейман, Ю.А.Романов, И.В. Серых // Сборник тезисов докладов к международной школе-конференции молодых ученых "Изменение климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз адаптация",14-19 сентября.- Кисловодск: ГЕОС, 2014.- 281 с.

10. Величко, А.А. Палеоаналоги глобального потепления XXI столетия. / А.А. Величко, О.К. Борисова // Доклады академии наук. - М., 2011. - Т. 438. - № 2.- С. 258-262.

11. Владимиров, В.А. Проблема глобального изменения климата как природная опасность. / В.А. Владимиров, Ю.И. Чураков // Периодическое научно-информационное издание "Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования". - 2014. - Том 4.-№2.- 12 с.

12. Гапочка, Г.П. Современные методы исследования спородермы с применением электронного микроскопа: методическое пособие для студентов-биологов / Г.П. Гапочка, Л.П. Чамара. - Москва: МГУ, 1988.- 24 с.

13. География Сибири в начале XXI века: научное издание.Т.6. / А.Д. Абалаков [и др.]; отв. ред. Л.М. Корытный, А.К. Тулохонов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т географии им. В.Б. Сочавы. – Новосибирск : Академическое издательство “Гео”, 2016. - 396 с.

14. Голицын, Г. С. Статистика и динамика природных процессов и явлений: Методы, инструментарий, результаты / Г.С. Голицын. - М.: URSS, 2013.- 400 с.

15.Государственная наблюдательная сеть федерального государственного бюджетного учреждения "Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://meteo.krasnoyarsk.ru>

16. Григорьева, С.О. Влияние изменений климата на состав древостоев, их устойчивость и ареалы основных лесообразующих пород / С.О. Григорьева, А.В. Константинов, И.М. Школьник // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2016. - № 3.
17. Громов, Л.В. Красноярский край / Л.В. Громов, И.Н. Лобова // Природные условия Красноярского края, АН СССР.-М.,1961.- С.5-23.
18. Груза, Г.В. Изменение климатических условий европейской части России во второй половине XX века [Электронный ресурс] / Г.В.Груза, Э.Я. Ранькова // Научно-информационный ресурс "Русский архипелаг". - Режим доступа: <http://www.archipelag.ru/agenda/geoklimat/history/change/>
19. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – Москва: Росгидромет, 2013. – 86 с.
20. Дулепова, Б.И. Водная растительность / Б.И. Дулепова // Растительность Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). - Новосибирск: Наука, 1985. - С.95-102.
21. Ефимова, Н.А. О сопоставлении изменений климата в 1981-2000 гг. с палеоаналогами глобального потепления. / Н.А. Ефимова // Ежемесячный научно-технический журнал "Метеорология и гидрология", 2004. - №8.- С.18-23.
22. Жаринова, Н.Ю. Почвы пойм малых рек Красноярской лесостепи: автореф. дисс... Канд.биол.наук:03.02.13. / Жаринова Наталья Юрьевна.- Красноярск,2011.-17 с.
23. Изменение климата [Электронный ресурс] / Ежемесячный информационный бюллетень: официальные новости.//Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды,2011.-№21. Режим доступа: <http://seakc.meteoinfo.ru>
24. Изменение климата [Электронный ресурс] / Ежемесячный информационный бюллетень: официальные новости.// Федеральная служба по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2011.-№64. Режим доступа: <http://www.meteorf.ru>

25. Израэль, Ю.А. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий / Ю.А. Израэль, Г.В. Груза, В.М.Катцов, В.П. Мелешко // Ежемесячный научно-технический журнал "Метеорология и гидрология", 2001. - №4.- С.5-21.

26. Калинина, В.Н. Математическая статистика: учеб. пособие. / В.Н.Калинина, В. Ф. Панкин. – М.: Дрофа, 2002.-336 с.

27. Карта Красноярского края [Электронный ресурс] / поисково-информационная картографическая служба "Яндекс.Карты".- Режим доступа: <https://yandex.ru/maps>

28. Климатическая доктрина Российской Федерации [Электронный ресурс]: Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 г. № 861-рп // Официальный сетевой ресурс Президента России. - Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30311>

29. Козьмин, Н.Н. Этнография и народность / Н.Н. Козьмин // Сибирская живая старина.- Иркутск, 1927. - С.1-22.

30. Кононович, Э.В. Погода и климат Земли [Электронный ресурс] / Э. В. Кононович // Энциклопедия "Кругосвет". – Режим доступа: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/Pogoda_i_klimat_zemli.html

31. Константинов, П.И., Куканова Е.А. Острова тепла крупнейших городов России в начале XXI века: географические особенности и методологические подходы к изучению / П.И.Константинов, Е.А. Куканова//Сборник тезисов докладов к международной школе-конференции молодых ученых"Изменение климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз адаптация",14-19 сентября.- Кисловодск: ГЕОС, 2014.- 281с.

32. Красноярский край [Электронный ресурс]: река Кача. Красноярск. - Режим доступа: <http://krnovosti.ru>

33. Красноярский край: схема тектонического районирования [Электронный ресурс] / сост. ОАО "Красноярскгеолсъёмка" г.Красноярска;

оформ.: Кавицкая Ю.С., Морозов В.А.- 1:5 000 000.-М: всероссийский научно-исследовательский геологический институт им.А.П.Карпинского. - Режим доступа: <http://www.vsegei.ru/ru>

34. Кривенко, В.Г. Концепции природной циклики и некоторые задачи хозяйственных стратегий России [Электронный ресурс] / В.Г. Кривенко// Электронный журнал "BioDat". - 2005 - №5.-Режим доступа: <http://biodat.ru>

35. Малинин, В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации: учеб.пособие / В.Н. Малинин. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 408 с.

36. Носырева, Н.В. Влияние климатических условий на здоровье граждан города Красноярска / Н.В. Носырева, Отеева А.М., Тасейко О.В. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: научный журнал / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева». -2014.- №10.-С.230-231.

37. Огурцов, Л.А. Оценка изменения экстремальных осадков на территории Западной Сибири / Л.А. Огурцов // Сборник тезисов докладов к международной школе-конференции молодых ученых "Изменение климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз адаптация",14-19 сентября.- Кисловодск: ГЕОС, 2014.- 281 с.

38. Переведенцев, Ю.П., Оценка современных изменений температуры воздуха и скорости ветра в тропосфере Северного полушария / Ю.П. Переведенцев, К. М. Шанталинский // Ежемесячный научно-технический журнал "Метеорология и гидрология", 2014. - №10.- С.19-31.

39. Передкова, Е.В. Пыльцевая аллергия / Е.В. Передкова // Consilium Medicum.-2009.-Т.-11.№3.-11 с.

40. Пиловец, Г.И. Метеорология и климатология: учеб.пособие / Г.И. Пиловец.- Москва.: Инфра-М, Новое знание, 2015. - 400 с.

41. Поиск по данным государственного водного реестра [Электронный ресурс]: река Базаиха. - Режим доступа: <http://textual.ru/gvr/index.php?card=213605>.

42. Поиск по данным государственного водного реестра [Электронный ресурс]: река Мана. - Режим доступа: <http://textual.ru/gvr/index.php?card=213517>.

43. Пузаченко, Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях: учеб. пособие / Ю. Г. Пузаченко. – Москва.: Академия, 2004.-416 с.

44. Разуваев, В.Н. Погода и климат в России в XX веке / В.Н. Разуваев // Россия в окружающем мире: аналитический ежегодник. Москва.: МНЭПУ, 2001. - 332 с.

45. Рябовол, С.В. Флора г.Красноярска: сосудистые растения: автореф. дисс...канд.биол.наук:03.00.05/ Рябовол Светлана Валерьевна.Красноярск,2007.- 20 с.

46. Семенов, В.А. Глобальное потепление и аномальная погода начала XXI века. [Электронный ресурс] / В.А.Семенов // Электронный журнал"Природа".-2013.-№10.- Режим доступа: <http://priroda.ras.ru>

47. Сорохтин, О.Г. Что же нам грозит: глобальное потепление или глобальное похолодание климата / О.Г.Сорохтин // Вестник российской академии естественных наук: российский научный журнал. Москва,2010.-№4

48. Таблицы метеорологических наблюдений на территории Красноярского края в период с 1951 по 2017 гг. // Научно-технический архив среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

49. Хромов, С.П. Метеорология и климатология: учеб. пособие / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. - Москва.: Издательство МГУ, 2012.- 584 с.

50. Чернышева, Л.С. Расчёт и интерпретация основных климатических показателей отдельных метеорологических величин: учеб. пособие. / Л.С. Чернышева, В.А. Платонова. – Владивосток: Издательство Дальневосточного университета, 2009. – 88 с.

51. Чертко, Н. К. Математические методы в географии: учеб.пособие / Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко. – Минск: Издательский центр БГУ, 2008.–202 с.
52. Чубарова, Н.Е. Климатические и экологические характеристики московского мегаполиса за 60 лет по данным Метеорологической обсерватории МГУ / Н.Е. Чубарова, Е.И. Незваль, И.Б. Беликов, Е.В. Горбаренко и др. // Ежемесячный научно-технический журнал "Метеорология и гидрология", 2014. - №9.- С.49-64
53. Швер, Ц.А. Климат Красноярска: монография / Ц.А. Швер, А.С. Герасимова. - Ленинград: Гидрометиздат, 1982. - 229 с.
54. Ямских, Г.Ю. Об использовании аэрокосмического метода при оценке соотношения современной растительности и субрецентных спорово-пыльцевых спектров на ландшафтной основе на территории Приенисейской Сибири / Г.Ю. Ямских, Е.Н. Калашникова // Сборник тезисов докладов к Всероссийскому совещанию "Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке". 14-19 сентября. - Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ. 1998.- 250 с.
55. Adam, V. Global temperature records in close agreement / V. Adam // NASA's Earth Science News Team.-Global Climate Change. Vital sings of the planet. - 2011.- January, 17. – 10 с.
56. Anders K., Pak, K. Microscale mobile monitoring of urban air temperature. / K. Pak, K. Anders // Urban Climate News:quarterly newsletter of the IAUC.- 2016.-№62.- 8 с.
57. C1imate Change 2001. The Scientific Basis. / Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC: summary for Policymakers and Technical Summary.- 2001.-№3.- 20 с.
58. C1imate Change 2014. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC: summary for Policymakers and Technical Summary.- 2014.-№5.- 30 с.

59. Ganbat, G. Characteristics of the UHI in a high-altitude metropolitan city, Ulaanbaatar, Mongolia. / G. Ganbat // Urban Climate News:quarterly newsletter of the IAUC.- 2012.-№46.- 15 c.

60. Hebbert, M. Climatology for city planning in historical perspective / M. Hebbert // Urban Climate News:quarterly newsletter of the IAUC.- 2014.-№54

61. Piet, T., Steven, C. Monitoring the urban climate of the city of Ghent, Belgium. / C. Steven, T. Piet // Urban Climate News:quarterly newsletter of the IAUC.- 2016.-№61.- 25 c.

62. Surface Temperature Reconstructions For the Last 2,000 Years. / National Research Council // Washington, National Academy Press,2006.- 25 c.

63. William, R. Mounting evidence suggest early agriculture staved off global cooling / R. William // The university of virginia, 2016.- 15 c.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1. - Среднегодовые температуры воздуха по данным метеостанций Красноярской и Минусинской котловин за период с 1951 по 2017 гг. [48]

Станция Год	Красноярск- Опытное поле	Шалинское	Сухобузимское	Минусинск- Опытное поле	Ермаковское	Курагино
1951	0,93	-0,24	-0,98	1,04	1,03	-0,02
1952	-0,48	-1,68	-2,60	-0,23	-0,12	-1,78
1953	1,53	0,37	-0,74	1,30	1,58	0,29
1954	-0,60	-1,68	-2,47	-0,78	-0,38	-2,26
1955	1,06	-0,10	-0,73	0,72	1,12	-0,29
1956	-0,34	-1,73	-1,81	-1,34	-0,53	-1,65
1957	0,74	-0,57	-0,70	0,22	0,52	-0,65
1958	1,05	-0,16	-0,58	0,63	0,80	-0,09
1959	0,86	-0,18	-0,95	1,18	1,06	0,59
1960	-0,12	-1,02	-1,67	0,47	0,38	-0,47
1961	0,96	-0,43	-0,88	1,48	1,15	0,29
1962	2,39	1,05	0,72	2,06	2,13	1,14
1963	1,91	0,77	0,18	1,78	1,63	1,00
1964	0,96	-0,43	-0,76	1,35	1,26	0,70
1965	0,90	-0,30	-0,79	2,01	1,78	0,93
1966	-0,33	-2,01	-3,03	0,20	0,17	-0,76
1967	0,91	-0,11	-0,83	-0,26	-0,33	-1,31
1968	-0,43	-1,24	-2,12	0,22	0,53	-0,35
1969	-0,98	-2,06	-2,76	-0,74	-0,86	-1,68
1970	0,13	-0,98	-1,58	-0,13	0,04	-0,94
1971	0,91	-0,28	-1,14	0,55	0,81	-0,06
1972	0,18	-0,67	-1,18	1,64	1,66	1,03
1973	2,21	1,15	0,48	1,73	1,88	1,03
1974	-1,15	-1,94	-2,97	0,32	0,39	-0,68
1975	1,63	0,73	0,03	1,23	1,25	0,54
1976	-0,39	-1,38	-2,03	0,16	0,14	-0,78
1977	0,47	-0,45	-0,44	1,67	1,59	0,73
1978	2,08	1,03	0,55	2,35	2,30	1,49
1979	0,76	-0,16	-0,52	2,02	1,94	1,12
1980	0,76	-0,43	-1,11	0,44	0,49	-0,34
1981	1,34	0,31	-0,59	0,83	1,19	0,10
1982	1,67	0,69	-0,09	1,98	1,95	1,28
1983	2,40	1,51	0,80	2,19	2,16	1,32
1984	-0,66	-1,57	-2,20	0,03	0,11	-0,87
1985	-0,18	-1,12	-1,87	0,37	0,38	-0,66
1986	1,60	0,65	1,03	1,15	1,13	0,43
1987	-0,08	-1,01	-1,88	1,06	0,97	0,00
1988	1,32	0,33	-0,58	1,17	1,06	0,26
1989	2,24	1,23	0,75	2,28	2,31	1,58
1990	2,69	1,95	1,42	2,85	2,71	2,13
1991	1,46	0,53	0,16	1,88	1,82	1,15

Окончание приложения А

Станция Год	Красноярск- Опытное поле	Шалинское	Сухобузимское	Минусинск- Опытное поле	Ермаковское	Курагино
1992	2,38	1,57	0,87	2,53	2,48	1,48
1993	2,12	1,23	0,73	1,41	1,37	0,68
1994	2,00	1,20	0,32	2,18	2,19	1,48
1995	3,43	2,64	2,31	2,85	2,89	2,14
1996	0,23	-0,65	-1,36	0,26	0,51	-0,38
1997	3,06	2,33	1,44	3,09	3,12	2,68
1998	1,35	0,66	-0,12	2,77	2,61	1,71
1999	1,43	0,48	-0,37	1,89	1,88	1,05
2000	0,84	-0,03	-0,92	2,33	2,49	1,48
2001	1,74	0,95	0,32	2,41	2,63	1,80
2002	2,98	2,25	1,78	3,51	3,71	3,02
2003	2,54	1,73	1,46	2,00	2,09	1,53
2004	2,18	1,50	0,51	2,54	2,75	1,60
2005	1,64	0,83	0,01	1,01	1,15	0,07
2006	0,79	-0,03	-0,82	1,30	1,65	0,79
2007	3,46	2,62	1,88	4,09	3,73	3,03
2008	2,19	1,37	0,58	2,85	2,67	1,98
2009	0,20	-0,67	-1,48	1,33	1,42	0,31
2010	-0,60	-1,61	-2,11	0,27	0,32	-0,51
2011	2,29	1,33	0,31	1,32	1,37	0,46
2012	0,66	-0,52	-1,27	0,39	0,57	-0,23
2013	2,28	1,33	1,06	2,84	2,83	2,05
2014	2,18	1,28	0,89	2,67	2,46	2,19
2015	3,79	2,73	2,43	3,95	3,63	3,12
2016	1,78	0,73	0,13	1,70	1,85	0,76
2017	3,50	2,55	2,29	3,44	3,52	2,62

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 2. - Годовые суммы осадков по данным метеостанций Красноярской и Минусинской котловин за период с 1951 по 2017 гг. [48]

Станция Год	Красноярск- Опытное поле	Шалинское	Сухобузимское	Минусинск- Опытное поле	Ермаковское	Курагино
1951	367,8	379,2	295,2	333,3	466,7	462,3
1952	406,1	419	300,5	337,7	611,3	487,9
1953	585,6	344,7	380,5	336,3	423	401
1954	445,8	442,8	350,7	401,2	581,6	447,9
1955	415,3	486,2	295,7	327,2	397,1	436,6
1956	325,6	351,4	281,2	298,9	536,2	428,7
1957	366,8	400,9	236,4	414,8	785,9	502,8
1958	343,9	297,6	220,2	239,7	427,2	328,7
1959	490	445,2	373,9	349	545,5	392,4
1960	506,7	505	386,4	257,6	522,6	364,3
1961	464,3	338,2	323,6	312,3	564	392,2
1962	326	468,6	337,8	329	401,2	425,1
1963	435,7	364,1	283,3	321,5	499	400,7
1964	489,7	374	296,2	211,4	361,1	328,3
1965	498,8	437,5	381,5	272,5	505,8	465,9
1966	592,2	545,6	373,5	363,9	672,7	485,7
1967	513,7	376,6	361,5	408,5	653,4	468,8
1968	446,2	285,5	336,4	317,4	505,7	392,9
1969	607,3	465,9	402,1	321,9	581,7	441
1970	492,6	359,4	298,8	460,9	635,7	578,9
1971	480,2	461,6	472,7	338	570,1	374,6
1972	555,9	470,6	374	417	705,8	677,9
1973	331,9	272,3	208,4	257,9	491,7	427
1974	431,4	351,9	260,5	284,2	529	451
1975	486,1	357,6	292,3	360,7	406,9	407,1
1976	378,7	344,7	227,3	304,1	467,1	386,5
1977	418,8	348,3	302,6	347,6	556	444,6
1978	425,9	440,8	273,4	315,1	480,3	420,8
1979	631,2	459,7	435,8	425,5	693,3	475,9
1980	386	459,4	294,9	466,9	579,2	512
1981	449,7	353,1	328,6	266,7	442,2	395,3
1982	477,1	465,4	412,3	325,3	478,8	393,8
1983	421,3	297,4	315,9	339	593,6	410,7
1984	506,3	489,6	278,4	360,5	591,2	482,5
1985	502,2	426,6	370,1	374,9	590,4	445,9
1986	354,2	415	341,1	306,9	513,6	443,7
1987	578,4	569,5	375,5	375,1	600,6	439,1
1988	503	440,7	373,1	322,4	455,4	409,7

Окончание приложения В

Станция Год	Красноярск- Опытное поле	Шалинское	Сухобузимске	Минусинск- Опытное поле	Ермаковске	Курагино
1989	325,7	275,9	231,9	308,9	390,5	322
1990	566,6	426,2	343,6	324,1	523,5	480,4
1991	588,7	511,2	339	344,7	526,3	404,3
1992	440,5	470,1	262,7	492	639,4	557,7
1993	400,9	346,7	337,1	283,2	415,8	303,7
1994	551,8	446,8	353,5	407,1	554,1	441
1995	432,9	347,4	340,9	379,7	647,1	507,2
1996	514,6	426,1	362,7	433,6	776	501,8
1997	387,7	372,5	323,2	316	495,6	410,6
1998	485,4	439,2	340,6	324,5	506,3	529,3
1999	415,5	392,5	255,4	364,5	506,8	340,2
2000	533,2	522,3	368,9	351,5	523,3	516,1
2001	439,8	493,8	443,6	413,4	600,6	464,7
2002	568,1	560,9	417	442,4	599,6	463,8
2003	466	383,3	324,6	534,1	623,1	498,8
2004	518,5	501,1	511,4	279,9	535,8	413,2
2005	512,1	426,4	380,8	383,4	483,7	488
2006	559,6	515,2	413,4	401,6	615,5	430,7
2007	521,5	434,3	491,1	345,5	562,1	476,9
2008	509,3	452,6	395	366,1	567,3	441,6
2009	594,6	628,8	426,2	373,3	738,1	638,3
2010	486,6	488,4	409,2	317,1	488,2	398,7
2011	420,9	476,4	438,1	321,3	389,8	360,4
2012	411,4	426,5	371	318,6	601,9	434,3
2013	627,6	506,1	431,4	345,7	553,6	420,4
2014	590,7	454,5	413,1	305,6	492,2	405,3
2015	569,7	437,8	441,8	335,9	482,8	422,3
2016	454,4	515,2	328,3	442,4	599,6	463,8
2017	601	514	437	517	578	599,1

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.Ю.Ямских
подпись инициалы, фамилия

« 13 » 06 20 18 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Сравнительный анализ показателей климата (среднегодовые температура и осадки) Красноярской и Минусинской котловин второй половины XX века

тема

05.04.06 Экология и природопользование

код и наименование направления

05.04.06.03 Геоэкология

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель

Г.Ю.Ямских 13.06.18
подпись, дата

проф., д.г.н

должность, ученая степень

Г.Ю.Ямских

инициалы, фамилия

Выпускник

Н.А. Ронжин 13.06.18
подпись, дата

Н.А. Ронжин

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

М.И.Кокова 13.06.18
подпись, дата

М.И.Кокова

инициалы, фамилия

Рецензент

С.А.Кырова 13.06.18
подпись, дата

доц., к.г.н

должность, ученая степень

С.А.Кырова

инициалы, фамилия

Красноярск 2018